

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 41 33 481 C 2

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 01 J 3/28  
G 01 N 21/17

21 Aktenzeichen: P 41 33 481.7-42  
22 Anmeldetag: 9. 10. 91  
43 Offenlegungstag: 15. 4. 93  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 11. 8. 94

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Ultrakust Electronic GmbH, 94239 Ruhmannsfelden,  
DE

74 Vertreter:  
Weber, O., Dipl.-Phys.; Heim, H., Dipl.-Ing.  
Dipl.-Wirtsch.-Ing., Pat.-Anwälte, 81479 München

72 Erfinder:  
Norkus, Volkmar, Dr.-Ing., O-8038 Dresden, DE;  
Schlewe, Christian, Dr.-Ing., O-8027 Dresden, DE;  
Nagel, Frank, Dipl.-Ing., O-8020 Dresden, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	34 08 175 A1
US	47 58 086
US	40 60 327
US	39 92 110

54 Multispektralsensor

DE 41 33 481 C 2

DE 41 33 481 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Multispektralsensor, bei dem verschiedene Spektralbereiche einer zu messenden Strahlung erfaßt werden.

Mit derartigen Sensoren lassen sich genaue Temperaturmessungen durchführen, da durch die Messung in unterschiedlichen Spektralbereichen die Beeinflussung des Meßergebnisses durch stark unterschiedliche Emissionsgrade in unterschiedlichen spektralen Bereichen weitgehend kompensiert werden kann.

Um eine präzise Abbildung des spektralen Bereichs der zu messenden Strahlung zu erhalten, ist es notwendig, daß den Kanälen für unterschiedliche Spektralbereiche ein identischer Meßstrahl zugeführt wird.

Es sind unterschiedliche multispektrale Verfahren bekannt, die sich insbesondere durch die Methode der räumlichen und spektralen Zerlegung der Strahlung unterscheiden. Die Nutzung dispergierender optischer Bauelemente, z. B. Prismen, erfordert insbesondere für Analysen von breitbandigen Spektralbereichen einen sehr hohen Justage- und Platzaufwand. Ein derartiges Verfahren kann daher nicht für einen Sensor verwendet werden, der als handhabbares diskretes Bauelement mit geringen Abmessungen zu konzipieren ist.

Der Einsatz eines multispektralen Sensors, wie er nach DD 2 81 104 vorgeschlagen wird, ist prinzipiell möglich, aber aufgrund der nutzbaren Anzahl pyroelektrischer Materialien mit den entsprechenden optischen Eigenschaften auf eine geringe Anzahl spektraler Kanäle ( $< 4$ ) und entsprechende Anwendungen begrenzt.

Die Nutzung diskreter Filter zur spektralen Zerlegung der Gesamtstrahlung ist bisher nur sinnvoll in Verbindung mit Einschwenkmechanismen, z. B. Filterrad, bei serieller Auslesung eines Einelementsensors oder andererseits als ebene Anordnung einzelner Filter nebeneinander oder kontinuierlich auf einem Substrat bekannt.

Der Nachteil der ersten Variante ist unter anderem der sich ändernde Meßfleck bei bewegten Objekten und die zeitliche Überlagerung der Ausgangssignale bei der seriellen Auslesung mit gleichzeitig reduzierter Empfindlichkeit. Die zweite Variante führt zu unterschiedlichen Meßflecken und ist folglich für präzise Messungen nicht nutzbar.

Die bisher bekannten multispektralen Meßeinrichtungen erfordern daher sowohl einen großen Material- und Platzbedarf als auch einen hohen Justageaufwand. Dies führt wiederum zu mechanischer Instabilität und einer geringen örtlichen Auflösung der Messung.

Ein aus der US-PS 4,758,086 bekannter Multispektralsensor weist ein relativ aufwendiges Linsensystem, ein polarisierendes optisches Element, reflektierende Flächen zur Strahlaufteilung sowie Halbspiegel, Filter mit einem nachgeschalteten Linsensystem und dahinter angeordnete Fotodetektoren auf. Neben einem nicht unerheblichen Kosten- und Justageaufwand wirken sich Transmissions- und Reflexionsverluste an den Linsensystemen, dem Polarisator und den Strahlungsteilern nachteilig auf die Messung aus.

Ein in der DE 34 06 175 A1 beschriebener Multispektralsensor ist zusätzlich mit Interferenz-Filter und Fotodetektoren nachgeordnet. Neben einem ebenfalls beträchtlichen gerätetechnischen Aufwand erfordert dieser Sensor einen relativ hohen Raumbedarf.

Bei einem Multispektralsensor der US-PS 3,992,110 werden die Strahlen über eine Sammellinse mit reflek-

tierender Mantelfläche entsprechend angeordneten Filtern und Fotodioden zugeführt. Die Sammellinse ist insbesondere für den IR-Bereich relativ kostenintensiv. Zusätzlich können Transmissions- und Reflexionsverluste, insbesondere beim Übergang von der Sammellinse zu den Filtern, auftreten.

Aus der US-PS 4,060,327 ist ein Multispektralsensor bekannt, der mindestens zwei Diffraktionsgitter aufweist, denen ein Reflexionsspiegel und zylindrische Linsen nachgeschaltet sind. Als strahlungsempfindliche Elemente sind Fotodiodenarrays eingesetzt. Auch dieser bekannte Multispektralsensor erfordert einen hohen gerätetechnischen Aufwand.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Multispektralsensor der oben genannten Art zu schaffen, der in geringen Abmessungen herstellbar ist, der bei einer hohen Empfindlichkeit einen nahezu gleichen Meßfleck in den einzelnen spektralen Kanälen gewährleistet und der sich durch hohe Funktionssicherheit auszeichnet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Multispektralsensor gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß weist ein Multispektralsensor, insbesondere für den Infrarotbereich, welcher mit einem Gehäuse, einer in dem Gehäuse angeordneten Eintrittsöffnung für eine zu messende Strahlung und einer im Strahlengang hinter der Eintrittsöffnung angeordneten, hochreflektierenden optischen Einrichtung zur Aufteilung eines durch die Eintrittsöffnung einfallenden Strahls in Teilstrahlen versehen ist, mehrere unterschiedliche spektrale Transmissionsbereiche aufweisende und außerhalb ihres Transmissionsbereichs hochreflektierend ausgebildete Filter auf, hinter denen strahlungsempfindliche Elemente angeordnet sind, wobei die Filter insbesondere parallel zur optischen Achse des einfallenden Strahls ausgerichtet sind und so um die optische Einrichtung herum angeordnet sind, daß sie zusammen mit der optischen Einrichtung und einer eine Aperturöffnung aufweisenden Wand eine Art Käfig bilden, der bis auf die Aperturöffnung allseitig geschlossen ist, und wobei Nicht-Filterflächen des Käfigs hochreflektierend ausgebildet sind.

Indem die die optische Einrichtung vorzugsweise zentrosymmetrisch umgebenden Filter, die für einen bestimmten spektralen Bereich des einfallenden Strahls transparent und wenigstens für einen Teil des restlichen spektralen Bereichs reflektierend ausgebildet sind und Transmissionsbereiche aufweisen, die sich voneinander unterscheiden, läßt jedes Filter nur den spektralen Bereich des eigenen Transmissionsbereichs in Richtung auf das dahinter befindliche strahlungsempfindliche Element passieren und reflektiert den restlichen spektralen Bereich des Teilstrahls in Richtung auf die anderen Filter, die die optische Einrichtung umgeben. Hierdurch wird erreicht, daß jedem Filter der seinem Transmissionsbereich entsprechende Spektralbereich aller Teilstrahlen zugeführt wird, wodurch jedem Filter im wesentlichen ein identischer Meßstrahl zugeführt wird und jedes strahlungsempfindliche Element also annähernd den gleichen Meßfleck sieht.

Dabei sind die Filter parallel zur optischen Achse des einfallenden Strahls um die optische Einrichtung herum in Art eines Käfigs angeordnet. Wenn die die Aperturöffnung aufweisende Wand des Käfigs an ihrer Innenseite verspiegelt ist, wird gewährleistet, daß Teilstrahlen

solange in dem Käfig reflektiert werden, bis sie auf das Filter mit dem zugehörigen spektralen Transmissionsbereich auftreffen. Hierfür ist es notwendig, daß die Wände und die Filter außerhalb ihres Transmissionsbereichs einen hohen Reflexionsgrad aufweisen, damit ein Teilstrahl nicht nach mehreren Reflexionen innerhalb des Käfigs sukzessive absorbiert wird, ohne auf alle Filter mit den zugehörigen spektralen Transmissionsbereichen aufzutreffen.

Die optische Einrichtung kann in der Art einer Pyramide mit einer n-eckigen Grundfläche ausgebildet sein, wobei um diese Pyramide herum dann n Filter angeordnet sind, denen jeweils ein eigenes strahlungsempfindliches Element mit einem eigenen Meßkanal zugeordnet ist. Die Spitze der Pyramide kann in den Käfig hinein oder aus dem Käfig herausragen.

Außer einer Pyramide sind auch andere geometrische Formen, wie z. B. Kegel, Halbkugeln, konkave, d. h. invertierte pyramidenartige Elemente und ähnliche Gebilde einsetzbar. Die Oberflächen der optischen Einrichtung sind mit einer oder mehreren hochreflektierenden Schichten beschichtet. Sie können vorzugsweise spektral breitbandig mit einer Goldschicht hochreflektierend verspiegelt sein.

Wenn diese optische Einrichtung um die optische Achse des einfallenden Strahls drehbar angeordnet ist, lassen sich als strahlungsempfindliche Elemente auch pyroelektrische Elemente verwenden, die nur bei Wechsellicht arbeiten. Auf der Pyramide sind dann alternierend reflektierende und absorbierende Flächen angeordnet, so daß jedes Filter bei einer Drehung der Pyramide sukzessive von einem reflektierten Teilstrahl überstrichen wird und anschließend eine Zeitlang kein Licht zugeführt bekommt. Auf diese Weise kann die Anordnung eines mechanischen Lichtzerhackers vor der Aperturöffnung des Multispektralsensors entfallen. Die rotierende optische Einrichtung, insbesondere Pyramide, ermöglicht somit eine Chopperung des einfallenden Strahls.

Der erfindungsgemäße Multispektralsensor läßt sich in sehr kleinen Abmessungen herstellen, wodurch er im Bereich der Gasanalytik, insbesondere der Abgasanalyse, der Sicherungstechnik und der Materialerkennung eingesetzt werden kann. Ein bevorzugter Einsatzbereich ist jedoch die Temperatursensorik, insbesondere im Infrarotbereich.

Ein Multispektralsensor zeichnet sich in einer bevorzugten Ausführungsform dadurch aus, daß im Strahlengang hinter der Aperturöffnung ein breitbandig hochreflektierendes Mittel zur räumlichen Zerlegung des Gesamtstrahls in Teilstrahlen symmetrisch zur optischen Achse des Systems angeordnet ist und sich dieses optische Mittel bzw. diese optische Einrichtung in einem Filterkäfig befindet, dessen Filter annähernd parallel zur optischen Achse des Systems ausgerichtet sind, hinter denen sich strahlungsempfindliche Elemente im Strahlengang der reflektierten Teilstrahlen befinden. Die Filter weisen auf der Strahlungseinfallsseite außerhalb ihres Transmissionsbereiches einen hohen Reflexionsgrad auf und sind derart angeordnet, daß mindestens das gegenüberliegende Filter für wenigstens einen Teil des reflektierten Spektrums eine hohe Transmission aufweist. Die Filter sind hierbei vorzugsweise als Infrarot-Bandpaßfilter ausgebildet und so aneinandergesetzt, daß keine Strahlungsverluste durch Absorption am Käfig entstehen.

Die Erfindung wird nachfolgend beispielsweise anhand der schematischen Zeichnung beschrieben. In die-

ser zeigt

Fig. 1 eine perspektivische teilgeschnittene Ansicht einer bevorzugten Ausführungsform des Multispektralsensors;

Fig. 2 eine Teilansicht entlang des Schnitts II-II aus Fig. 1 und

Fig. 3 eine Ansicht gemäß Fig. 1 einer weiteren bevorzugten Ausführungsform.

Fig. 1 zeigt einen Multispektralsensor 10, der in einem handelsüblichen TO 8-Gehäuse 11 angeordnet ist. Das Gehäuse 11 besteht aus einem Gehäusetopf 12, an dessen Stirnseite 14 eine zentrale Eintrittsöffnung 16 für den Eintritt einer zu messenden Strahlung 18 in das Innere des Gehäuses 11 angeordnet ist. Das Gehäuse 11 wird auf seiner der Stirnseite 14 gegenüberliegenden Seite von einem Gehäuseboden 20 abgeschlossen.

Von dem Gehäuseboden 20 stehen Anschlußstifte 22 senkrecht nach unten ab. Auf dem Gehäuseboden 20 ist ein Verdrahtungsträger 24 angeordnet, auf dem wiederum ein in etwa kubischer Käfig 26 montiert ist. Die der Eintrittsöffnung 16 des Gehäusetopfes 12 zugewandte Oberseite des Käfigs 26 ist als Aperturblende 28 ausgebildet, die eine zentrale Apertur 30 aufweist.

Auf dem Käfigboden (vgl. auch Fig. 2) ist eine Pyramide 34 mit quadratischer Grundfläche angeordnet. Die der Aperturöffnung 30 zugewandten Mantelflächen der Pyramide 34 weisen einen hohen Reflexionsgrad für die durch die Aperturöffnung 30 eintretende Gesamtstrahlung 18 auf. Die Gesamtstrahlung 18 wird nach dem Durchtritt durch die Aperturöffnung 30 gemäß den Pfeilen A, B an der Oberfläche der Pyramide 34 in Richtung auf die Seitenwände des Käfigs reflektiert, die durch Infrarot-Bandpaßfilter 36 gebildet sind. Diese Filter 36a/b haben jeweils voneinander abweichende Transmissionsbereiche außerhalb der sie stark reflektierend ausgebildet sind. Daher gelangt der im Transmissionsbereich des Filters 36b liegende spektrale Teil des Strahls A durch den Filter 36b hindurch auf ein strahlungsempfindliches Element 38b, das im Strahlengang hinter dem Filter 36b, d. h. an der Außenseite des Käfigs 26, angeordnet ist. Der nicht im Transmissionsbereich liegende Teil des Teilstrahls A wird von dem Filter 36b in Richtung auf das bezüglich der Pyramide 34 gegenüberliegende Filter 36a reflektiert und vice versa. Auf diese Weise werden die Teilstrahlen auf alle vier, die Pyramide 34 umgebenden Filter 36a bis 36d reflektiert, so daß jedem Filter 36a bis 36d der dem jeweils vorhandenen Transmissionsbereich entsprechende Spektralbereich aller Teilstrahlen A, B zugeführt wird.

Die dem Innenraum des Käfigs 26 zugewandte Innenseite der Aperturblende 28 ist ebenfalls hochreflektierend für den gesamten spektralen Bereich der einfallenden Strahlung ausgebildet, damit von den Filtern reflektierte Strahlung wieder auf die Oberfläche anderer Filter zurückreflektiert wird.

Die strahlungsempfindlichen Elemente 38 sind mit Signalverarbeitungsstufen 40 elektrisch verbunden, deren Ausgänge wiederum mit den Anschlußstiften 22 verbunden sind.

Das Gehäuse des Infrarot-Multispektralsensors 10 ist als handelsübliches TO 8-Gehäuse ausgebildet und läßt sich somit für Sonden mit geringen Abmessungen verwenden, z. B. für Abgasuntersuchungen.

Fig. 3 zeigt eine zu Fig. 1 weitgehend identische weitere Ausführungsform 50 eines Multispektralsensors, der sich von dem Multispektralsensor 10 aus Fig. 1 lediglich dadurch unterscheidet, daß als optische Einrichtung keine Pyramide 34 mit quadratischer Grundfläche,

sondern eine strukturierte Fläche 52, bestehend aus neun kleinen Pyramiden mit quadratischer Grundfläche verwendet wird. Es sind auch weitere geometrische Formen, z. B. zur Außenseite des Käfigs hin gestreckte Pyramiden oder sphärische geometrische Formen für die Aufteilung der Strahlen einsetzbar. Wichtig ist hierbei lediglich, daß eine gleichmäßige Aufteilung der Gesamtstrahlung 18 in gleichmäßig große Teilstrahlen erfolgt.

Wenn die strahlungsempfindlichen Elemente 38 als pyroelektrische Elemente ausgebildet sind, ist es möglich, die Pyramide 34 drehbar anzuordnen, und jeweils zwei gegenüberliegende Flächen auf der Oberseite der Pyramide mit einer absorbierenden Schicht zu versehen. Hierdurch wird den pyroelektrischen Elementen Wechsellicht zugeführt, ohne daß vor oder hinter der Eintrittsöffnung 16 des Gehäuses 11 ein Chopperelement zur mechanischen Zerkhackung des Lichts z. B. in der Art eines Flügelrades vorgesehen werden muß.

#### Patentansprüche

20

1. Multispektralsensor, insbesondere für den Infrarotbereich, mit

- einem Gehäuse (11),
- einer in dem Gehäuse (11) angeordneten Eintrittsöffnung (16) für eine zu messende Strahlung (18),
- einer im Strahlengang hinter der Eintrittsöffnung (16) angeordneten, hochreflektierenden optischen Einrichtung (34) zur Aufteilung des durch die Eintrittsöffnung (16) einfallenden Strahls (18) in Teilstrahlen A, B, ..., n,
- mehreren Filtern (36a bis 36d), die unterschiedliche spektrale Transmissionsbereiche aufweisen und außerhalb ihres Transmissionsbereichs hochreflektierend ausgebildet sind,
- hinter den Filtern angeordneten strahlungsempfindlichen Elementen (38a bis 38d), wobei
- die Filter (36a bis 36d) insbesondere parallel zur optischen Achse des einfallenden Strahls (18) ausgerichtet sind und so um die optische Einrichtung (34) herum angeordnet sind, daß sie zusammen mit der optischen Einrichtung (34) und einer Aperturöffnung (30) aufweisenden Wand (28) eine Art Käfig bilden, der bis auf die Aperturöffnung allseitig geschlossen ist, und wobei
- Nicht-Filterflächen (28) des Käfigs hochreflektierend ausgebildet sind.

2. Multispektralsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einrichtung (34, 52) relativ zueinander geneigte, für den zu messenden Spektralbereich hochreflektierende Spiegelflächen aufweist.

3. Multispektralsensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelflächen zentrosymmetrisch bzw. rotationssymmetrisch zur optischen Achse des Strahls (18) angeordnet sind.

4. Multispektralsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einrichtung (34) die Form einer Pyramide mit einer vieleckigen Grundfläche aufweist.

5. Multispektralsensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Ecken der Grundfläche der Pyramide der Anzahl der Filter entspricht.

6. Multispektralsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß

die optische Einrichtung (34, 52) um die optische Achse des Strahls (18) drehbar ist.

7. Multispektralsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einrichtung (52) mehrere mit hochreflektierenden Schichten beschichtete Pyramiden, Kegel, Halbkugeln oder sphärische Segmente aufweist.

8. Multispektralsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die strahlungsempfindlichen Elemente (38a bis 38d) als pyroelektrische Elemente, Vakuumthermoelemente, Thermosäulen oder Photodioden ausgebildet sind.

9. Multispektralsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter (36a bis 36d) als Interferenzfilter ausgebildet sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

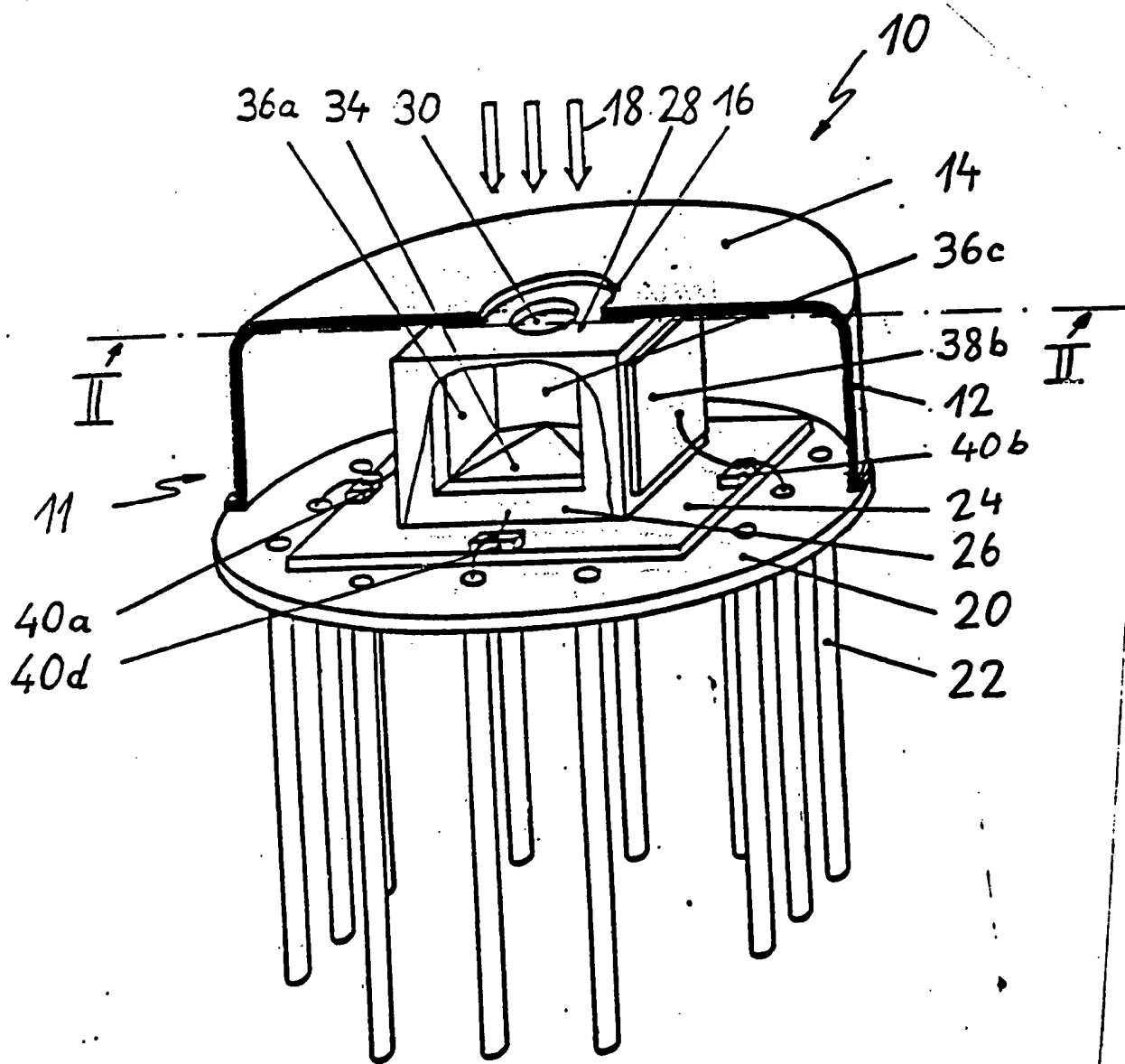


Fig. 1

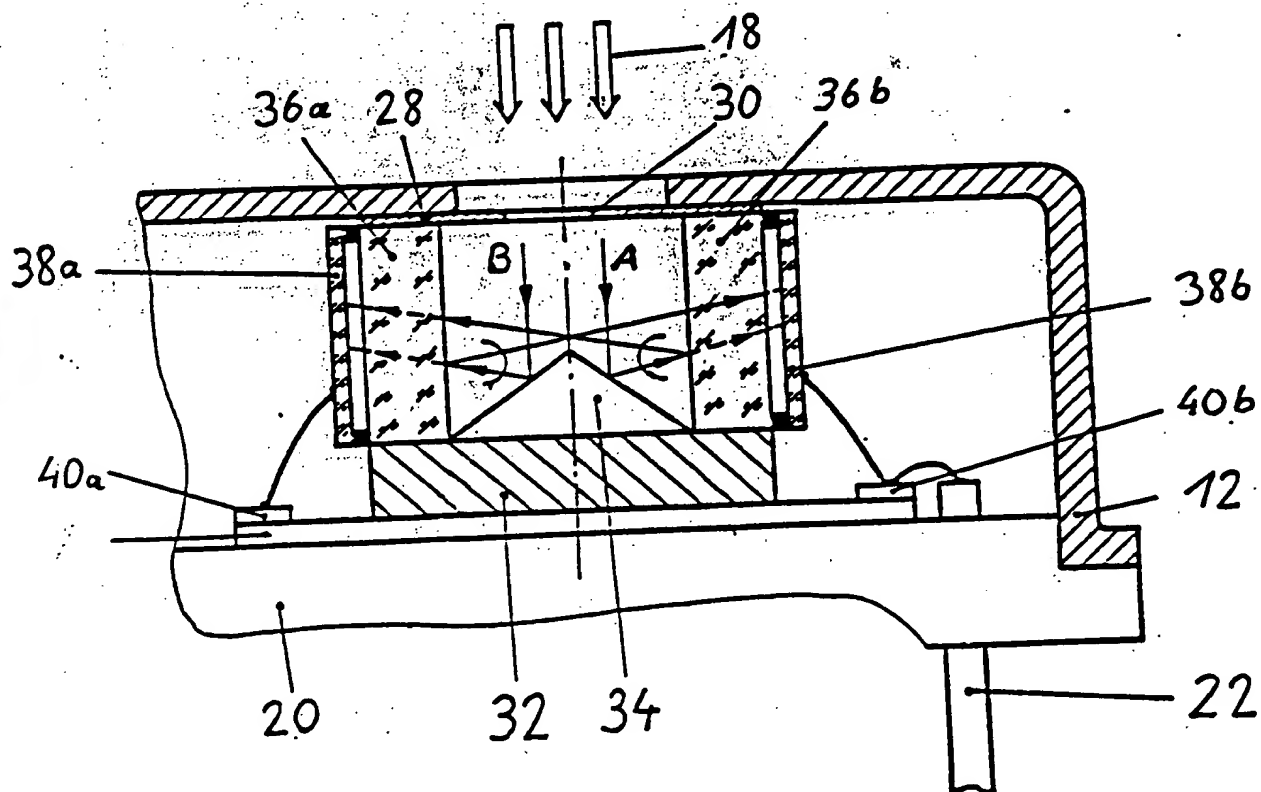


Fig. 2

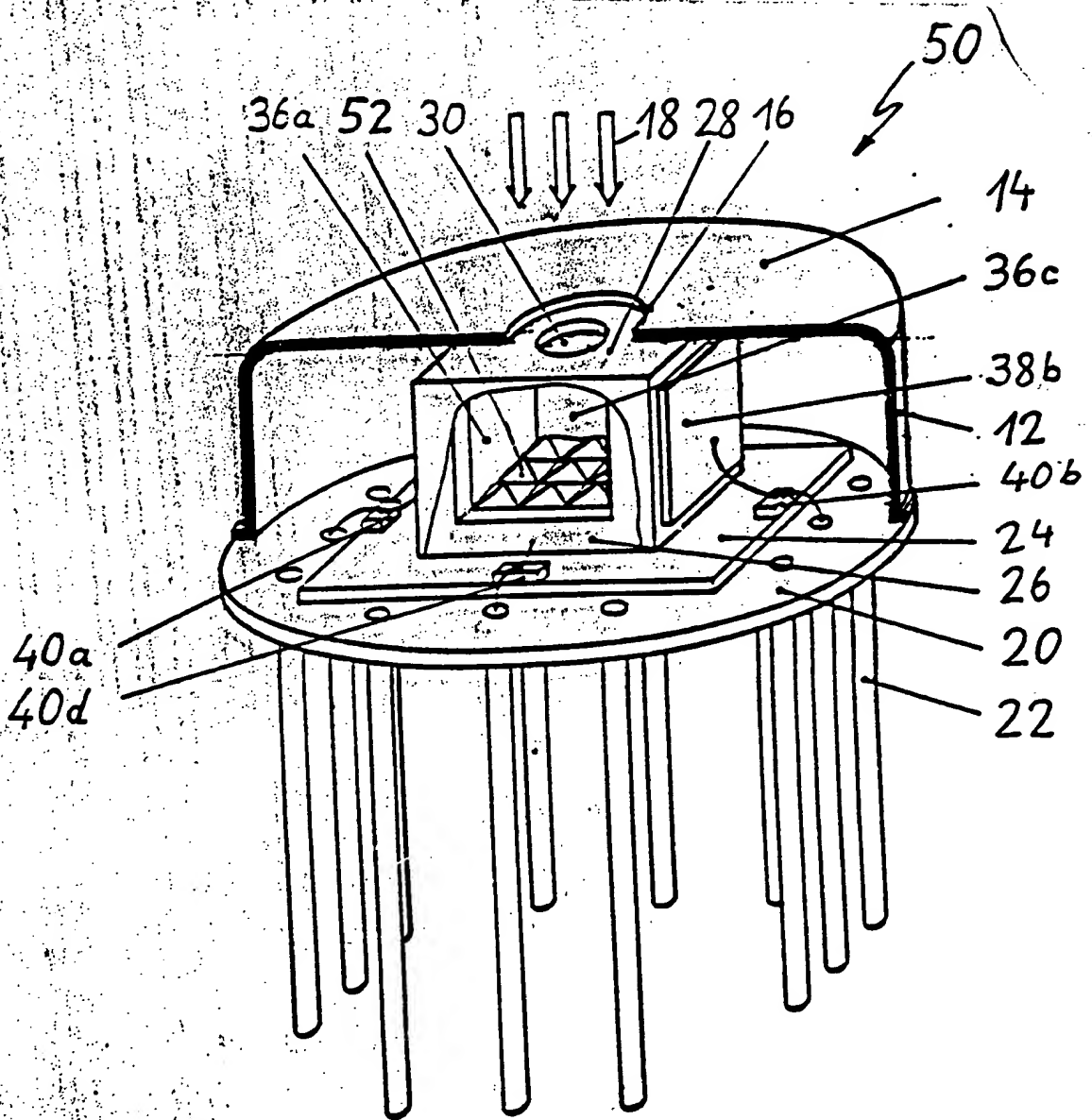


Fig. 3